

УДК 621.316.172

М.А. Подалов

Гомельський державний університет імені Франціска Скорины

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ПО БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

В статье рассматривается разработка лабораторной установки по беспроводной передаче электрической энергии. Установка образована тремя видами антенн с различной геометрией, блоками передачи и приема электрической энергии. Схема лабораторной установки проектировалась в программе Electronics Workbench v5.12. Экспериментальные исследования позволили оценить потери передачи и прохождения электромагнитной энергии в зависимости от расстояния между приемником и передатчиком.

Ключевые слова: Электрическая энергия, антенна, беспроводная передача энергии.

Постановка проблемы. Беспроводная передача энергии — способ передачи электрической энергии без использования токопроводящих элементов. К 2011 году имели место успешные опыты с передачей энергии мощностью порядка десятков киловатт в микроволновом диапазоне с КПД около 40 % — в 1975 в Goldstone, Калифорния и в 1997 в GrandBassin на острове Реюньон (дальность порядка километра, исследования в области энергоснабжения посёлка без прокладки кабельной электросети). Технологические принципы такой передачи включают в себя индукционный (на малых расстояниях и относительно малых мощностях), резонансный (используется в бесконтактных смарт-картах и чипах RFID) и направленный электромагнитный для относительно больших расстояний и мощностей (в диапазоне от ультрафиолета до СВЧ)[1,2].

Целью нашей работы была разработка лабораторной установки по передаче электромагнитной энергии на расстоянии с возможностью исследования факторов влияющих на процесс передачи электроэнергии.

1 Проектирование схемы лабораторной установки. Схема (рисунок 1) моделировалась в программе ElectronicsWorkbench v5.12. Для создания установки была выбрана схема резонатора (передатчика), состоящая из транзистора, резистора, и соленоида, для приемника нужен был соленоид, диод (для преобразования в постоянный ток) и светодиода (для индикации). Также были добавлены переменные конденсаторы для подстройки емкости сигнала.

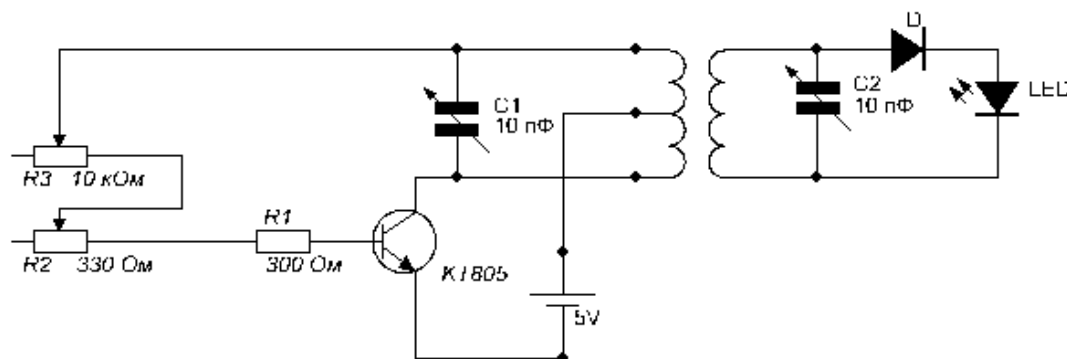


Рис. 1 Принципиальная схема устройства беспроводной передачи энергии методом магнитной индукции

Цепь, является генератором и конвертером, энергия подается на светодиод посредством электромагнитной индукции, возникающей в катушках.

Предположим, что трансформатор имеет две одинаковые катушки. Тогда во время прохождения электричества по одной катушке она становится магнитом, вторая катушка попадает в магнитное поле первой и, вследствие этого, по ней тоже начинает течь ток. Если напряжение в первой катушке переменное, следовательно, она импульсно теряет свои магнитные свойства, значит, и вторая катушка импульсно попадает в магнитное поле первой, то есть и во второй катушке образуется переменное напряжение.

В данной установке катушка передатчика создает магнитное поле, в которое попадает катушка приемника, соединенная со светодиодом, который преобразует полученную энергию в свет.

2 Создание лабораторной установки по беспроводной передачи электрической энергии. Для питания схемы был выбран простой блок питания с показателями напряжения и силы тока в 5 В и 400 мА соответственно. Для создания электрической схемы понадобилось:

- Резистор постоянный с сопротивлением в 300 Ом;
- Резистор переменный с максимальным сопротивлением в 1 кОм;
- Резистор Переменный с максимальным сопротивлением в 330 Ом;
- Диод маломощный (для выпрямления напряжения на приемнике);
- Два переменных конденсатора с максимальной емкостью в 10 пФ;
- Светодиод для индикации переданной энергии;
- Транзистор n-p-n KT805;
- Медная проволока разного диаметра.

Для будущих исследований были сделаны 3 пары разных типов антенн (рисунок 2).

Антенны №1 (рисунок 2 а) - первоначальный вариант по 60 витков сечением 0,1 мм на каждой, диаметр 8 см.

Антенны №2 (рисунок 2 б) – вариант трубчатый по 120 витков сечением 0,1 мм на каждой, диаметр 3 см.

Антенны №3 (рисунок 2 в) - улучшенный вариант первой антенны по 60 витков сечением 1 мм на каждой, диаметр 15 см.

Разные размеры и формы антенн были созданы для выбора наиболее оптимального варианта для передачи электромагнитной энергии с наименьшими потерями.

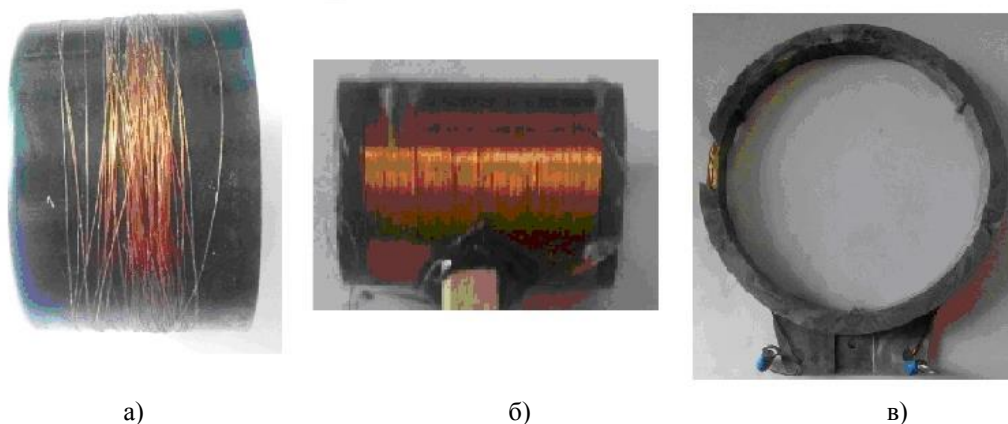


Рис. 2 Передающие и принимающие антенны лабораторной установки

Началом в разработке лабораторной установки было создание опорной установки, для этого транзистор был установлен на радиатор и установлен на стенке корпуса, выведенный наружу для лучшего охлаждения. Между радиатором и транзистором использовалась термопаста КПТ-8 для лучшего теплообмена. На противоположную стенку корпуса были выведены элементы управления и настройки резонанса на приемнике.

Далее сделано универсальное крепление для антенн на верхней крышке передатчика, и контактные клеммы.

Схема внутри передатчика была расположена не на монтажной плате, а разведена по стенам корпуса, так как схема очень простая и состоит почти из 10 элементов, в корпусе осталось много пространства и в дальнейшем развитии может подлежать улучшению. Корпус изготавливался из неметаллических материалов, что бы не мешать электромагнитному полю.

Далее началась разработка приемника. Для начала в приемник нужно было поместить амперметр, для измерения получаемого тока, микроамперметр с максимальным показателем 50 μA был шунтирован и переделан под миллиамперметр с максимальным показателем в 200 мА (максимальный был выбран после хода пробных испытаний). Формула (1) по которой рассчитывалось сопротивление шунта:

$$R_{\text{ш}} = \frac{R_{\text{приб}} I_1}{I - I_1}; \quad (1)$$

где $R_{\text{ш}}$ – сопротивление шунтирующего резистора; $R_{\text{приб}}$ – внутреннее сопротивление амперметра; I_1 – максимально измеримый ток амперметром без шунта; I – максимально измеримый ток с шунтом (требуемое значение). Сопротивление микроамперметра измерялось с помощью мультиметра и составило 1700 Ом, в итоге шунт должен был быть с сопротивлением в 0,5 Ома. Шунтом стала стальная проволока, сопротивление которой было почти 0,5 Ом.

Сразу после шунтирования миллиамперметр был установлен на лицевую панель, где также расположился светодиод индикации переданной энергии и переменный конденсатор.

На верхней крышке также были установлены крепления для антенн и в итоге собран корпус приемника.



Рис. 3 Установка беспроводной передачи энергии

В эстетических целях корпус был покрашен, установлена стационарная направляющая и линейная шкала для точного измерения расстояния. Антенны должны

лежать в одной плоскости для лучшего эффекта. Окончательный вид лабораторной установки можно увидеть на рисунке 3.

Сама установка собрана на универсальной базе, хоть она и питается от блока питания мощностью 2 Вт, электрическая схема способна выдержать мощность тока в 300 Вт. Для этого на радиатор можно установить активное охлаждение, а остальные элементы от такой нагрузки не пострадают. Универсальные и простые крепления позволят экспериментировать с антеннами различных форм.

3 Экспериментальные исследования. Исследование заключалось в подсчете КПД антенн с разной геометрией в зависимости от расстояния. Полученный и потраченный ток измерялся с помощью подключения установки через мультиметр, $I_{\text{потр}} = 0.068 \text{ А}$ – пиковое потребление тока первой катушки, $I_{\text{потр}} = 0.132 \text{ А}$ – пиковое потребление тока второй катушки; $I_{\text{потр}} = 0.278 \text{ А}$ – пиковое потребление тока третьей катушки.

Коэффициент полезного действия, рассчитанный на расстояние в 30 см, равен 0,6% - мощность самой антенны низкая. Коэффициент полезного действия, рассчитанный на расстояние в 30 см, второй антенны еще меньше, чем первой антенны и равен 0,4%, несмотря на повышенную мощность, что доказывает, что диаметр витков антенны имеет большое значение.

Коэффициент полезного действия, для третьей пары антенн, рассчитанный на расстояние в 30 см, равен 3,2% что больше КПД первой и второй пары антенн в 8 и более чем в 5 раз, соответственно.

В последней антенне на таком расстоянии КПД выше, как и мощность. Т.е в теории до определенного момента повышения мощности и размеров способствует повышению расстояния действия и КПД.

На графике зависимости расстояния от силы тока можно видеть, что при повышении мощности дальность действия повышается, в данном случае КПД повысился почти в 9 раз. А если сопоставить по мощностям, то относительно такой же антенны как 1 мощность выросла в 4 раза, а КПД в 9 раз.

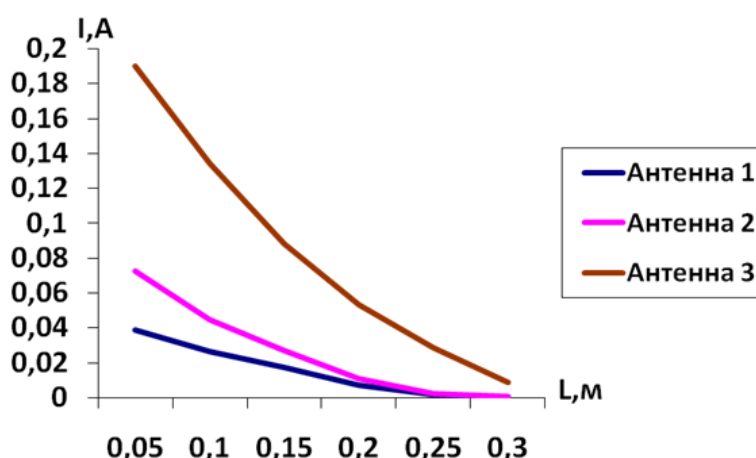


Рис. 4 График зависимости расстояния от силы тока

Выводы. Разработана лабораторная установка по беспроводной передаче энергии, исследована возможность передавать электрическую энергию на расстоянии в зависимости от конфигурации антенн. Данная лабораторная установка может использоваться в учебном процессе для исследования физических аспектов беспроводной передачи электроэнергии.

Автор выражает благодарность за помощь разработке Думенкову В.В.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лемешко, А. В. Великий поход за энергией / А. В. Лемешко.– Atlaspera Publishing & Litarary Agency Inc., 2004. – 102 с.
2. Голдсмит, А. Беспроводные коммуникации / А. Голдсмит. – Техносфера, 2011. – 121 с.

Podalov Maxim

Gomel State University (Gomel, Belarus)

DEVELOPMENT OF LABORATORY FACILITY FOR WIRELESS TRANSMISSION OF ELECTRIC ENERGY

The article discusses the development of a laboratory facility for the wireless transmission of electrical energy. The facility was formed by three types of antennas with different geometry supplied with electric power transmitting and receiving units. The facility scheme has been designed using Electronics Workbench v5.12 software. Experimental tests allowed us to estimate transmission losses and transmission of electromagnetic energy depending on the distance between the transmitter and receiver.

Keywords: Electric power, antenna, wireless transmission of energy.

Maxim Podalov, Gomel State University

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Подалов Максим Александрович – магистр естественных наук, ассистент кафедры общей физики, учреждение образования Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины (Гомель, Беларусь).

Научные интересы: мехатроника и информационные технологии обучения.

УДК 378.147

М.І. Правда

Запорізький національний технічний університет

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ТЕОРЕМИ ГЮЙГЕНСА ТА ФІЗИЧНИЙ ЗМІСТ ПОНЯТТЯ «ПРИВЕДЕНА ДОВЖИНА» ФІЗИЧНОГО МАЯТНИКА

Звернуто увагу на мало відому теорему Гюйгенса, яка полягає у тому, що у будь-якого фізичного маятника на прямій лінії, що з'єднує точку підвісу із центром мас існує така точка, яка має властивість взаємної оберненості із точкою підвісу: тобто, якщо підвісити маятник в цій точці, то період його коливань не зміниться. Ця особлива точка називається центром хитань і саме відстань від точки підвісу до центру хитань і є приведена довжина фізичного маятника.

В роботі запропоновано оригінальну методику експериментальної перевірки теореми Гюйгенса, щодо періоду коливань фізичного маятника, яка сприятиме засвоєнню студентами основ класичної механіки.

Ключові слова: фізичний маятник, центр мас, центр хитань, період коливань, приведена довжина.

Постановка проблеми. Як відомо, класична механіка та класична фізика в цілому, має дуже широку і практично важливу область застосування, оскільки вона описує та досліджує повільні (у порівнянні з швидкістю світла) рухи макроскопічних тіл як на Землі так і в космосі. В межах своєї області застосування класична фізика ніколи не втратить свого наукового та практично важливого значення [1].

На наш погляд, думка про важливість та сучасність класичної фізики повинна підкреслюватись на протязі загально курсу фізики неодноразово. Такий наголос потрібно робити не тільки в лекційному курсі, але й у лабораторному практикуму з фізики. Саме